

# Identificación de materiales asbestiformes en la ex usina General San Martín, Ingeniero White (prov. de Buenos Aires)

## Identification of asbestiforms materials in the ex plant General San Martín, Ingeniero White (province of Buenos Aires)

Lescano, Leticia<sup>1-2</sup> ✉ - Maiza, Pedro J.<sup>1-3</sup> - Marfil, Silvina A.<sup>1-4</sup>

Recibido: 28 de Junio de 2012 • Aceptado: 21 de Mayo de 2013

### Resumen

*La ex usina general San Martín, fue construida en la década del 30 para proveer de energía eléctrica a la ciudad de Bahía Blanca. Fue desafectada de sus servicios en 1987, y su desguace comenzó en 1997. Su estructura edilicia muestra deterioros significativos, sin embargo el principal interés ambiental dentro de este edificio es la presencia de materiales asbestiformes. por lo que deberán tomarse medidas precautorias al momento de la puesta en valor. Se localiza en un sector densamente poblado (en el puerto de Ing. White), negativo a efectos ambientales debido que las fibras de asbestos al ser livianas se esparcen fácilmente por largas distancias.*

*Con el objeto de identificar los materiales que contienen asbestos, se tomaron muestras del piso (baldosas y alisado de cemento), paredes, columnas, bloques caídos de los techos (fibrocemento) y tuberías. Para la identificación y caracterización de los minerales asbestiformes, se utilizó estereomicroscopio, microscopio petrográfico, difracción de rayos X, EDS y SEM.*

*Se concluyó que no todos los materiales a remover contienen minerales perjudiciales para la salud ya que los asbestos sólo se hallaron en fibrocementos, pintura asfáltica y en los aislantes de los tubos de drenaje de agua para refrigeración de turbinas, distribuidos puntualmente y con ubicuidad clara. Se determinó la presencia de dos especies minerales correspondientes al grupo de los asbestos: crisotilo y anfíboles los que presentan diferente comportamiento a los agentes exógenos y grado de nocividad en la salud humana.*

**Palabras clave:** *asbesto, medioambiente, materiales de construcción.*

1. Departamento de Geología-UNS. San Juan 670, Bahía Blanca. TE. 54-291-4595101 int. 3021

2. Becaria. Comisión de Investigaciones Científicas de la Prov. de Bs. As.

✉ leticia.lescano@uns.edu.ar

3. Investigador Principal CONICET-INGEOSUR.

4. Investigador Independiente. Comisión de Investigaciones Científicas de la Prov. de Bs. As.

## Abstract

*The ex plant General San Martín was built the 30s to provide electric power to the city of Bahía Blanca. In 1987 was disaffected of their services and their dismantling began in 1997. The architecture shows significant deterioration, but the principal environmental interest in this building is the presence of asbestiform minerals. This is an obstacle to their habilitation and precautionary measures should be taken when it would be enhancement. It is located in a densely populated area (in Ing. White port), negative to environmental effect because asbestos are light and can be easily spread by long distances.*

*With the aim to determine the materials containing asbestos, samples from the floor (fibrocement and screeded cement), walls, columns, fallen blocks from the floor (fibrocement) and pipes were taken. For the identification and characterization of asbestiform minerals, stereomicroscope, petrographic microscope, X ray diffraction, SEM and EDS were used.*

*It was concluded that not all the material to remove containing minerals harmful to health because asbestos was only founded in fibrocements, asphaltic paint and as coating for drainage tubes for cooling water from turbines, distributed promptly with clearly ubiquitous. The presence of two type of asbestos minerals were determined: chrysotile and amphibole which have different behavior to exogenous agents and degree of harm to human health*

**Keywords:** *asbesto, environment, construction materials.*

## INTRODUCCIÓN

El edificio de la ex usina general San Martín, conocida también como “La usina del castillo”, fue construido a mediados de la década del 30, por la empresa alemana Geopé, para proveer de energía eléctrica a la ciudad de Bahía Blanca. Se encuentra en la zona del puerto de Ing. White. El predio se ubicó en una zona afectada por las mareas y fue rellenado con materiales de refulado. Para el emplazamiento de la obra fue necesario realizar un pilotaje de hormigón hasta una profundidad de 10 a 13 m, nivel en el que encuentra un sedimento con valor soporte adecuado para una obra de esta envergadura.

La usina fue desafectada en el año 1987, cuando entró en funcionamiento la central termoeléctrica “Luis Piedra Buena”. El desguace comenzó en 1997.

El edificio (Figura 1), presenta deterioro tanto en su interior como en sus paredes exteriores. Los trabajos de remodelación y puesta en valor harán necesario remover muchos materiales, entre los que se han identificado algunos que pueden ocasionar problemas ambientales. El principal cuidado que deberá tomarse para recuperar este edificio y que es necesario evaluar, es la presencia de materiales asbestiformes usados en diferentes partes de la construcción.

El edificio fue transferido a la Municipalidad de Bahía Blanca en el año 2001, quien consideró prioritario resolver la problemática de contaminación con asbestos. Además, actualmente algunos sectores presentan un estado de deterioro tal, que existe riesgo de derrumbe de la mampostería.

Asbesto (o amianto) es un término comercial que involucra a un grupo de minerales del grupo de la serpentina (cristotilo) y anfíbolos (crocidolita, amosita, antofilita, actinolita y tremolita). Presentan hábito fibroso, son flexibles, resistentes a la tracción, al calor, al fuego y a la degradación química o biológica (Zoltai, 1981). Debido a estas características las fibras de estos minerales pueden penetrar en las vías respiratorias y acumularse en los pulmones, desarrollando cáncer o asbestosis (Battista, et al. 2006).

En Argentina, los asbestos se encuentran prohibidos desde el año 2000 por resolución del Ministerio de Salud (845/00 y 823/01). Si bien estas resoluciones siguen vigentes en la ac-

tualidad, las medidas adoptadas consisten en retirar del mercado los productos que contienen asbesto, reubicarlos y reemplazarlos por otros materiales (Rodríguez, 2004).

La exposición al asbesto, afecta principalmente a las personas que residen cerca de un punto de emisión e inhalan el polvo disperso en el aire. Las fibras pueden pasar al aire o al agua no sólo por la degradación de los productos manufacturados sino también por la erosión de depósitos naturales. El agua potable puede contener asbestos procedentes de fuentes naturales o de tuberías de fibrocemento que los contienen. Las fibras y las partículas de diámetro pequeño pueden permanecer suspendidas en el aire durante largo tiempo y ser transportadas grandes distancias por el viento y el agua antes de depositarse. No pueden movilizarse a través del suelo permaneciendo inalteradas durante largo tiempo dado que no son degradadas a otros compuestos (Luis, et al. 2009).

Aunque la peligrosidad del amianto es conocida desde comienzos de la década del '30, este material se ha utilizado en una gran variedad de materiales de construcción hasta finales de los 70. Desde 1930 a 1980, decenas de millones de toneladas de amianto fueron colocadas en barcos, fábricas, trenes, centrales eléctricas, astilleros, en la industria de la construcción, edificios, salas de calderas, e incluso en viviendas y automóviles.

Con el objetivo de determinar los materiales que contienen asbestos y caracterizar su composición mineralógica en la ex usina “General San Martín”, se tomaron muestras con la autorización de la Secretaría de Medio Ambiente de la Municipalidad de Bahía Blanca y del personal a cargo de la seguridad del edificio.

## UBICACIÓN Y ENTORNO AMBIENTAL

El predio está ubicado en la localidad de Ing. White, partido de Bahía Blanca, en la Provincia de Buenos Aires, Argentina. Se accede por la ruta nacional 252, en la zona portuaria.

Presenta importantes signos de deterioro, aunque el principal interés enfocado en este trabajo es de tipo ambiental, debido a la presencia de materiales asbestiformes. Esto obstaculiza su habilitación y deberán tomarse medidas precautorias al momento de la puesta en valor.



Figura 1. Usina del Castillo.

Se localiza en un sector densamente poblado, por lo que será necesario planificar con criterio la movilización de los materiales y su disposición final.

Por tratarse de partículas muy finas, livianas, y a veces hasta microscópicas, se esparcen fácilmente por largas distancias, pudiendo afectar a los centros poblados cercanos. La contaminación ambiental por amianto comienza por la degradación de fibras debido a la acción de agentes exógenos, deterioro con el uso, por la vibración y el envejecimiento natural de los minerales propios del asbesto o de los materiales que los aglutina. Cuando esto sucede, las fibras se desintegran y se movilizan en el ambiente, especialmente en el polvo en suspensión. En la actualidad uno de los mayores riesgos para los trabajadores de la construcción, especialmente los que participan en la renovación

o reparación de edificios antiguos, es la exposición al amianto ya que involucra el riesgo de contraer enfermedades pulmonares.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se tomaron muestras de los pisos (baldosas y alisado de cemento), paredes, columnas, bloques caídos de los techos (fibrocemento), tuberías, y todo material que se consideró de interés para este trabajo. Se caracterizaron los materiales y se identificaron las especies minerales que los componen. Se separaron los minerales asbestiformes y se analizaron a grano suelto, con microscopio petrográfico sobre secciones delgadas, por difracción de rayos X, y microscopía electrónica de barrido - EDS.

Para ello se utilizó un microscopio petrográfico Olympus B2-UMA trinocular con video cámara Sony 151A y el programa Image-Pro Plus para captura y procesamiento de imágenes, un difractómetro Rigaku D-Max III, con radiación de  $\text{Cu-K}\alpha$  y monocromador de grafito, operado con 35 kV y 15 mA con un ángulo de barrido entre  $2^\circ$  y  $60^\circ$  ( $2\theta$   $\text{Cu K}$ ) y un microscopio electrónico de barrido JEOL 35 CF equipado con sonda EDAX para el análisis químico cualitativo de microáreas. Las muestras fueron metalizadas con oro.

## RESULTADOS

### Análisis de los materiales extraídos

#### *Materiales fragmentarios acumulados como escombros*

Se tomaron muestras de fragmentos de placas y chapas canaleta de fibrocemento, obtenidas entre los escombros que rellenan parcialmente las tolvas (Figura 2A). Este material constituía parte del techo de la estructura (Figura 2B).

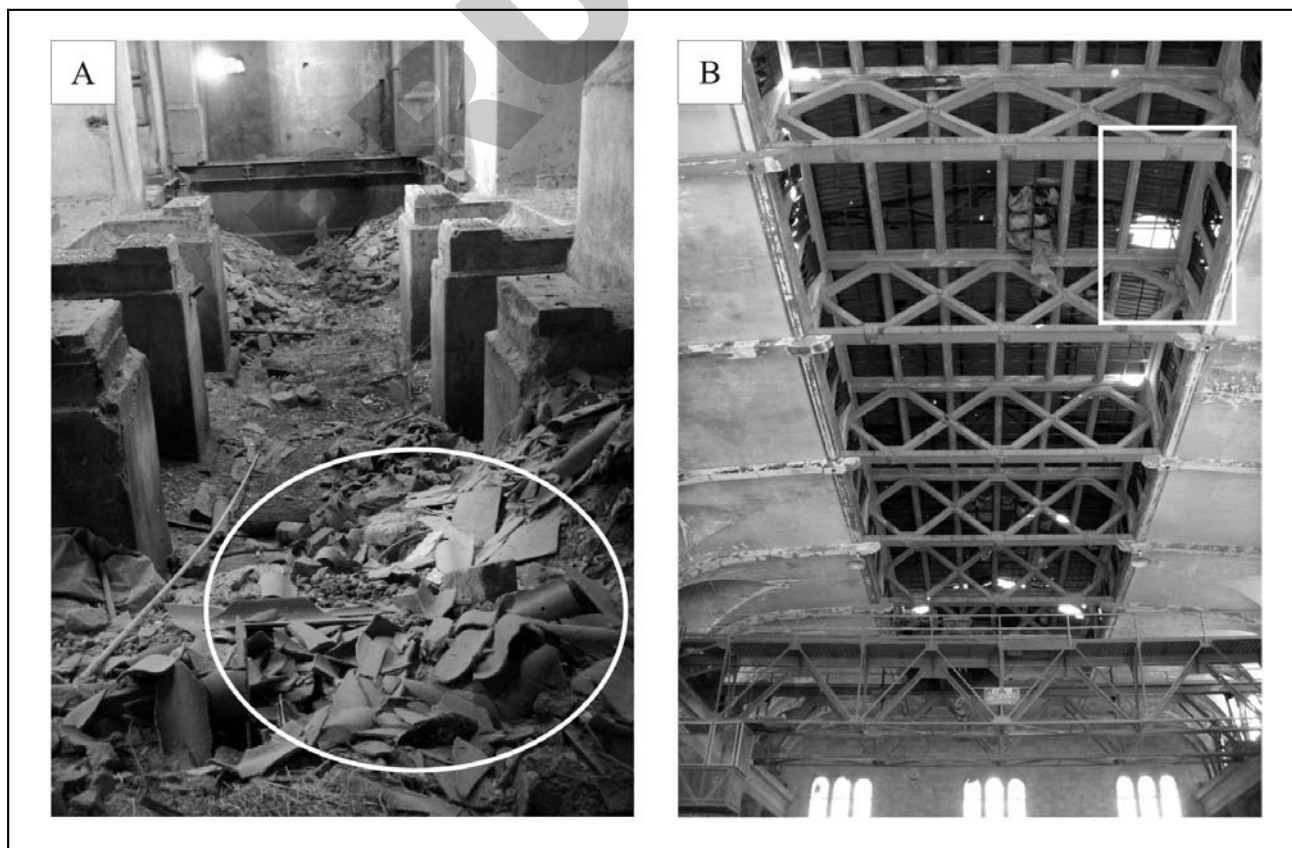


Figura 2. A. Planta baja. Escombros y fragmentos de losas en el suelo. La zona marcada indica el material muestreado. B. En el sector recuadrado se observa la posición original que ocupaban las losas.

El fibrocemento está constituido por una mezcla de cemento y asbestos como fibras de refuerzo. Estos últimos, se utilizaban por su elevada resistencia mecánica, en una proporción de hasta un 25%. En la actualidad se los reemplaza por fibras cerámicas, de vidrio o de carbono.

La canaleta analizada presenta una parte convexa (hacia el exterior) y posee un espesor de unos 6 a 7 mm (Figura 3A). Este material está constituido por capas sucesivas de mortero con asbesto, dispuesto subparalelamente hacia el exterior de la chapa. Ambas superficies muestran una textura característica producida por compactación durante el proceso constructivo.

Se separó el material fibroso y se analizó con esteromicroscopio. El tamaño de las fibras varía, desde el mm hasta 1 cm de largo. Presentan características asbestiformes, es decir, flexibilidad, resistencia a la rotura y elasticidad. Son de color blanquecino y no muestran evidencias de corrosión. Las fibras no son abundantes y se concentran principalmente en la superficie de las canaletas y en algunas capas internas.

Por difracción de rayos X se identificó cuarzo, yeso, feldespato y crisotilo. Este mineral, se determinó por sus máximas reflexiones en 7,32; 3.66 y 2.45 Å, comparables con la ficha ICDD 31-808 (ICDD, 1986) (Figura 3B).

Bajo microscopio de polarización, sobre grano suelto, se observaron fibras rizadas y curvadas, que se separan en otras de menor tamaño, especialmente más delgadas. Son muy abundantes las partículas de óxidos de hierro, agregados pétreos y material cementíceo.

Se realizó un corte delgado transversal a la chapa para observar la distribución de las fibras de asbestos. Se reconocieron claras diferencias composicionales entre el sector expuesto y la zona interna. En la Figura 4A, se observa el contacto entre ambos sectores: tonos rojizos debido a los óxidos de hierro en el sector interno de la teja y tonalidades claras en la zona expuesta a condiciones exógenas durante décadas. Los cristales fibrosos (y en algunos casos aciculares) presentan bajo índice de refracción, extinción paralela y relieve moderado. Por sus

características ópticas se determinó como crisotilo. Se reconocen algunos cristales de cuarzo y feldespato dentro del mallado fibroso, enmascarados por óxidos de hierro. En la Figura 4B, se observa un sector donde la capa expuesta a las condiciones exógenas, presenta mayor espesor y las fibras aparecen como agregados de mayor tamaño. Existe una variación sustancial en el tamaño de las fibras (entre 15 y 100 µm de largo). Se reconocen paquetes entrelazados.

Se observó además un tipo de chapa de fibrocemento plana, utilizada en paneles. El espesor de la muestra es de 4 a 5 mm y su estructura es diferente a la descrita anteriormente. Presenta abundante cantidad de materiales fibrosos, con características asbestiformes, en sus dos superficies exteriores. Una de ellas tiene buena terminación, es lisa y no sobresalen las fibras. La otra, tiene la típica textura que deja la prensa al ser compactada y es posible observar algunas fibras en la superficie (Figura 5A). Con estereomicroscopio se observó la sección transversal de la placa constituida por material cementíceo, clásico, principalmente arena y material fibroso, de color blanquecino característico del crisotilo, comúnmente llamado asbesto blanco. La longitud de las fibras es variable, alcanzando en algunos sectores 0,5 cm. Son suaves y se entrelazan de manera natural. Otra característica destacable de estos minerales, es que pueden ser tejidos o juntados por presión con gran facilidad.

Por difracción de rayos X se identificó cuarzo, feldespato y en menor proporción calcita y crisotilo, además de materiales amorfos (Figura 5B).

Al microscopio óptico, los minerales asbestiformes presentan extinción recta, son flexibles y se separan en fibras de menor tamaño (Figura 6A).

En un corte transversal de la placa, sobre secciones delgadas, se observa abundante cantidad de óxidos de hierro, cuarzo, feldespato y carbonatos de la pasta cementícea. No se reconoce lavado del material ni concentración de minerales fibrosos, como es el caso de la teja descrita anteriormente. Las fibras se observan dispersas, presentan leve coloración y pleocroísmo y extinción paralela. Por sus características ópticas se determinó

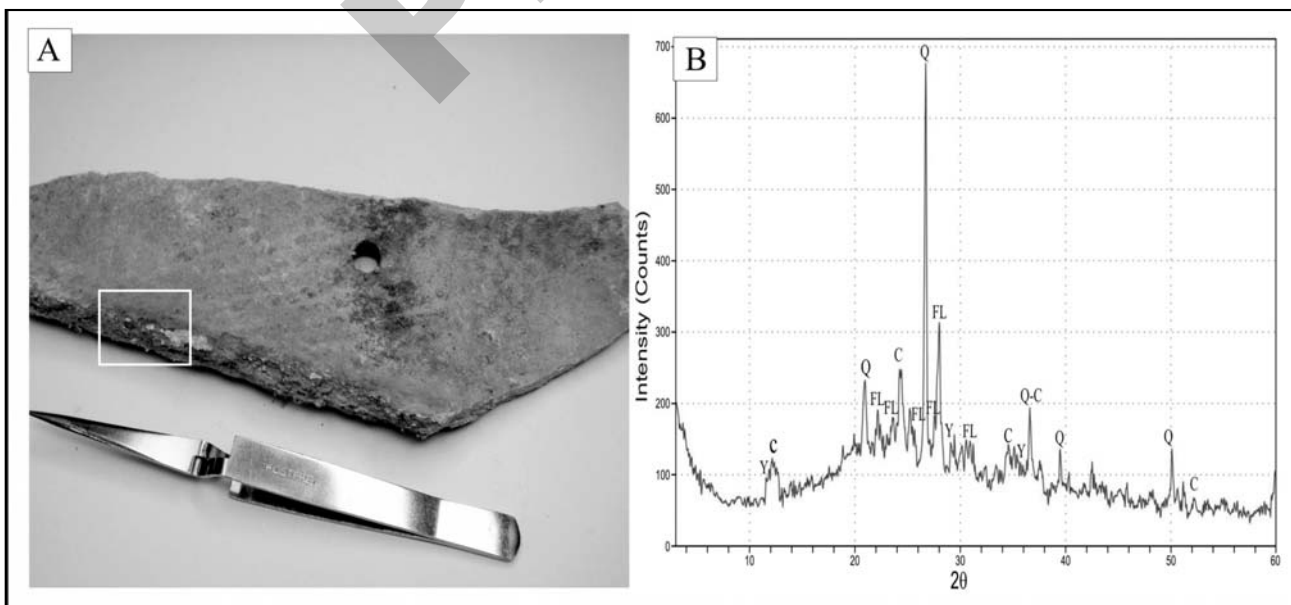


Figura 3. A. Fragmento de canaleta compuesta por capas sucesivas de mortero con asbesto. B. DRX de la canaleta (Y: yeso, C: crisotilo, FL: feldespato y Q: cuarzo).

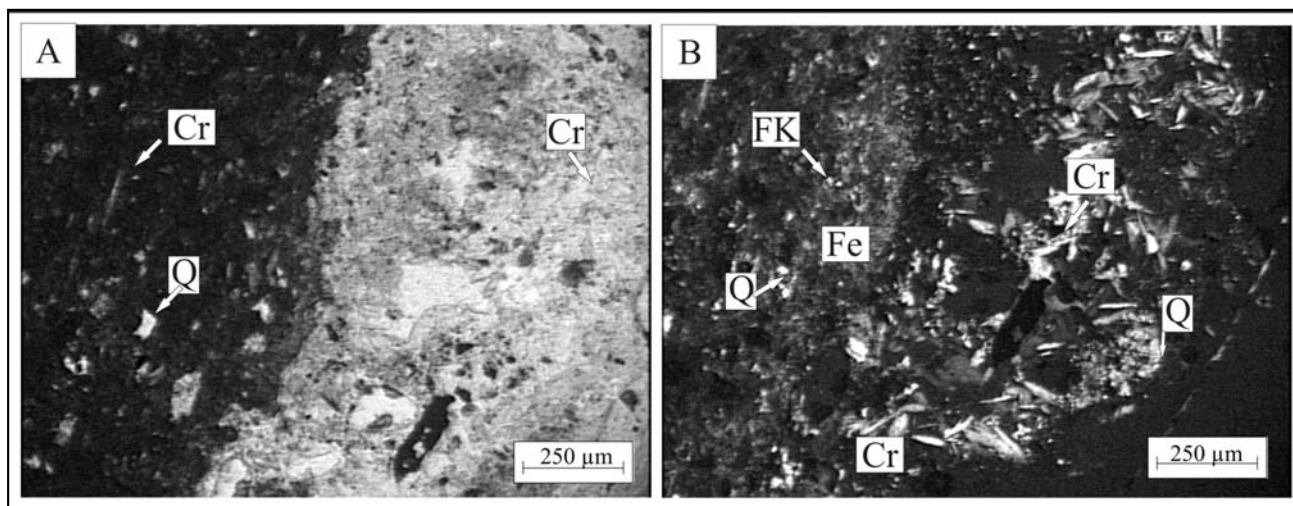


Figura 4. Contacto entre el material expuesto y la zona interna. A. Con luz paralela. B. Con nicols cruzados. Cr: crisotilo, Q: cuarzo, FK: feldespato potásico, FE: óxidos de hierro.

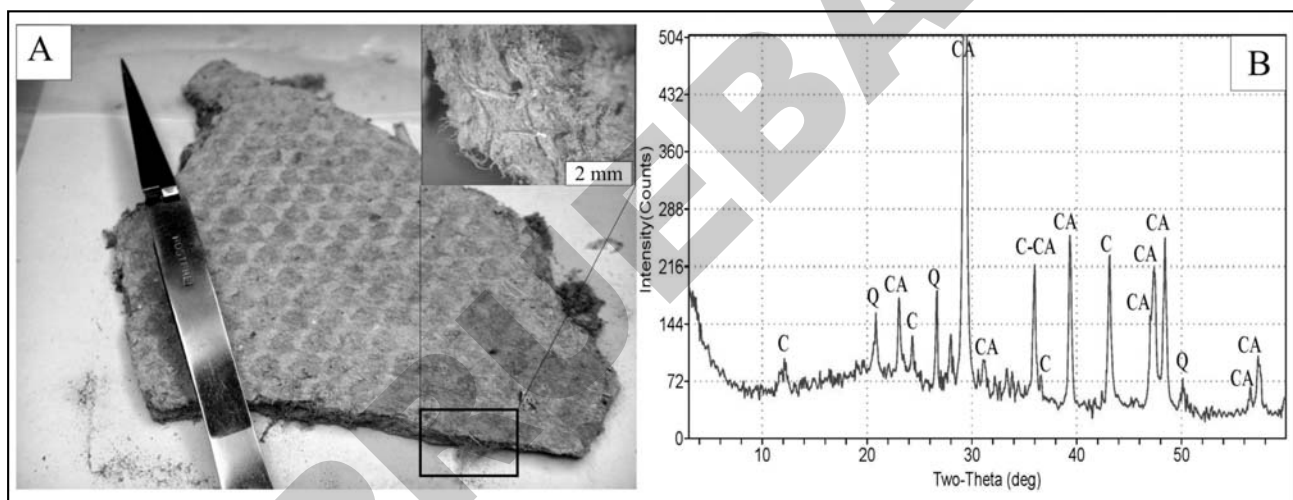


Figura 5. A. Fragmento de chapa donde se distingue la textura superficial por compactación. B. DRX del material cementíceo [C: crisotilo, Q: cuarzo, CA: calcita].

como crisotilo. Su morfología es fibrosa y flexible, no se observan fibras hiladas. Los tamaños son variables, presentando las más extensas una longitud superior a 300 µm. En la Figura 6B se observa un cristal de cuarzo con extinción ondulante y baja birrefringencia, dentro de la pasta y fibras de crisotilo con sus extremos quebrados y aciculares. Cabe destacar que en este material las fibras están esparcidas por toda la sección y son abundantes.

Con microscopio electrónico de barrido se observó la morfología típica de minerales asbestiformes, especialmente las características del crisotilo. En la Figura 7A, se muestra las fibras rizadas y curvadas del mineral con un largo que supera los 500 µm. Debido a su entrelazamiento y su longitud es casi imposible distinguir el comienzo y el final de una misma fibra. Las fibras se entretajan de manera natural y se desmenuzan las puntas generando fibras rizadas más pequeñas. Se reconocieron impurezas de minerales carbonáticos y clásticos relacionados con el material cementíceo e inerte de la losa. En la Figura 7B, se muestra el espectro EDS donde se identificó Si, O y Mg,

constituyentes principales del crisotilo y Ca relacionado a con la calcita del cemento y de las impurezas.

#### *Parte inferior del revestimiento de las columnas*

Los materiales analizados se obtuvieron de los pedestales de las columnas del primer piso del edificio, nivel donde se localizaban los generadores (Figura 8A). Están compuestos por “material refractario” premoldeado y calcinado. La arena es de grano grueso con matrix litológicamente semejante y muy escaso cemento, sinterizado como consecuencia del proceso de calcinación a la que fue sometida para obtener determinadas características físicas, mecánicas y químicas. Macroscópicamente, no se observaron materiales asbestiformes.

Por DRX se determinó la presencia de mullita con cristobalita subordinada. De los minerales originales de la arena solo se conserva cuarzo relicto (Figura 8B).

Al microscopio no se identificaron minerales asbestiformes en el recubrimiento de columnas.

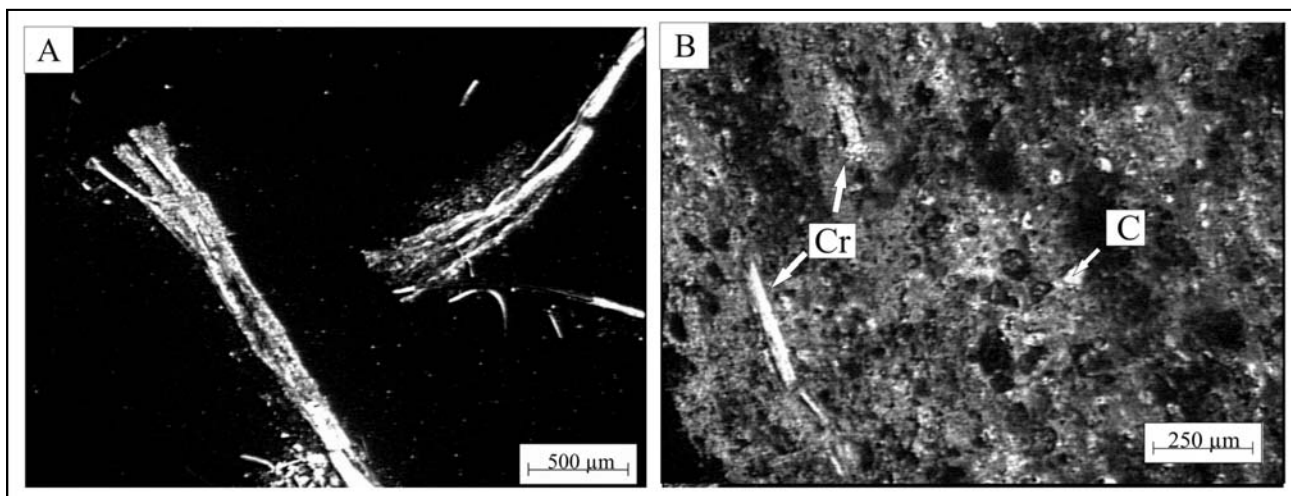


Figura 6. Microscopía de polarización con nicols cruzados. A. Fibras flexibles de crisotilo, (grano suelto). B. Fibras dentro del material de las placas (en secciones delgadas). Cr: crisotilo, C: carbonatos.

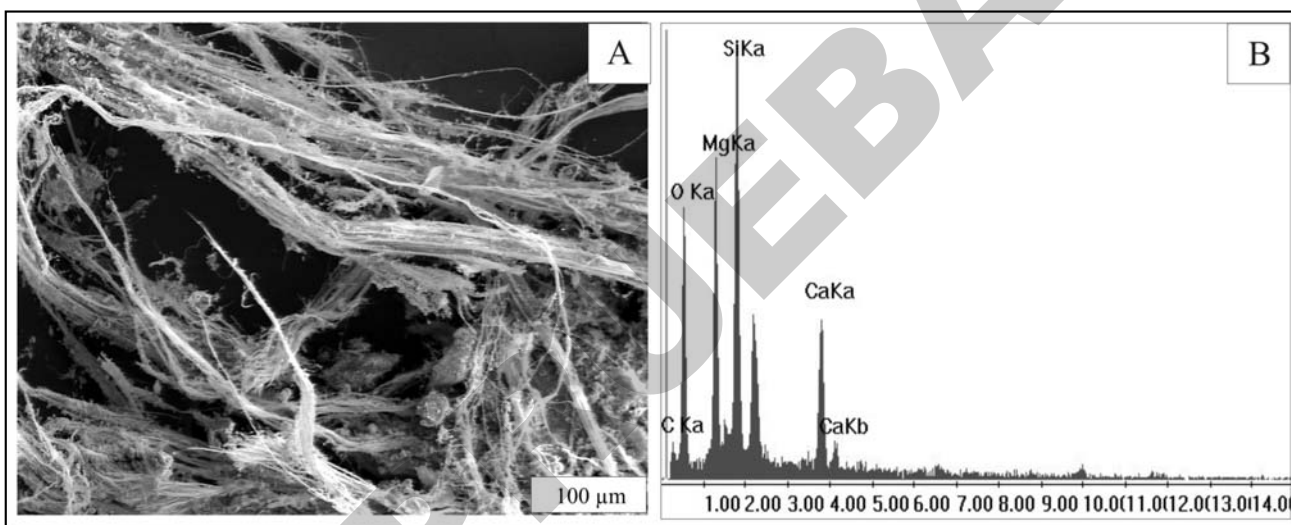


Figura 7. A. Fibras extensas, rizadas y curvadas de crisotilo. B. EDS del material 7A.

### Material de recubrimiento de columnas

Se tomaron muestras de los recubrimientos de las columnas de hormigón de la planta baja tanto de la capa gruesa, como de la fina y de la pintura exterior. Tienen un espesor promedio de 1,7 a 3 cm. La capa gruesa, sector más profundo en contacto con el hormigón, está constituida por arena con abundante cuarzo, clastos líticos de vulcanitas (principalmente riolíticas), areniscas cuarzosas, escasos minerales opacos y restos orgánicos de bivalvos (Figura 9A). El mortero y el aglutinante se conservan en buen estado y hay evidencias del uso de cal (la calcita es relativamente abundante). En este material no se observaron fibras.

La superficie de las columnas analizadas está recubierta con una pintura asfáltica, que contiene abundante material fibroso. La porosidad es normal y se observaron algunas fisuras vacías. En la superficie se reconocieron zonas carbonatizadas. El recubrimiento externo se realizó con una arena cuarzosa (tipo

arena oriental) otorgándole una excelente terminación (como si se tratara de un estucado).

En la pintura relíctica se observaron abundantes fibras birrefringentes de dimensiones variables, con largos que van desde los 100 micrones hasta superiores a 4 mm (Figura 9B). El ancho no supera los 10 micrones. Se separaron de la pintura y analizaron con microscopio de polarización. Por sus características ópticas corresponden a crisotilo. Por DRX no se identificaron minerales asbestiformes. En el material del recubrimiento externo también se observaron estas fibras pero se adjudicaron a componentes de la pintura que infiltró al revoque.

En secciones delgadas, sobre una sección transversal del hormigón de recubrimiento de las columnas, se observan abundantes cristales de cuarzo subredondeados, con extinción ondulante, clastos de rocas volcánicas (riolitas y traquitas), restos de valvas, plagioclasa, minerales opacos y feldespato potásico.

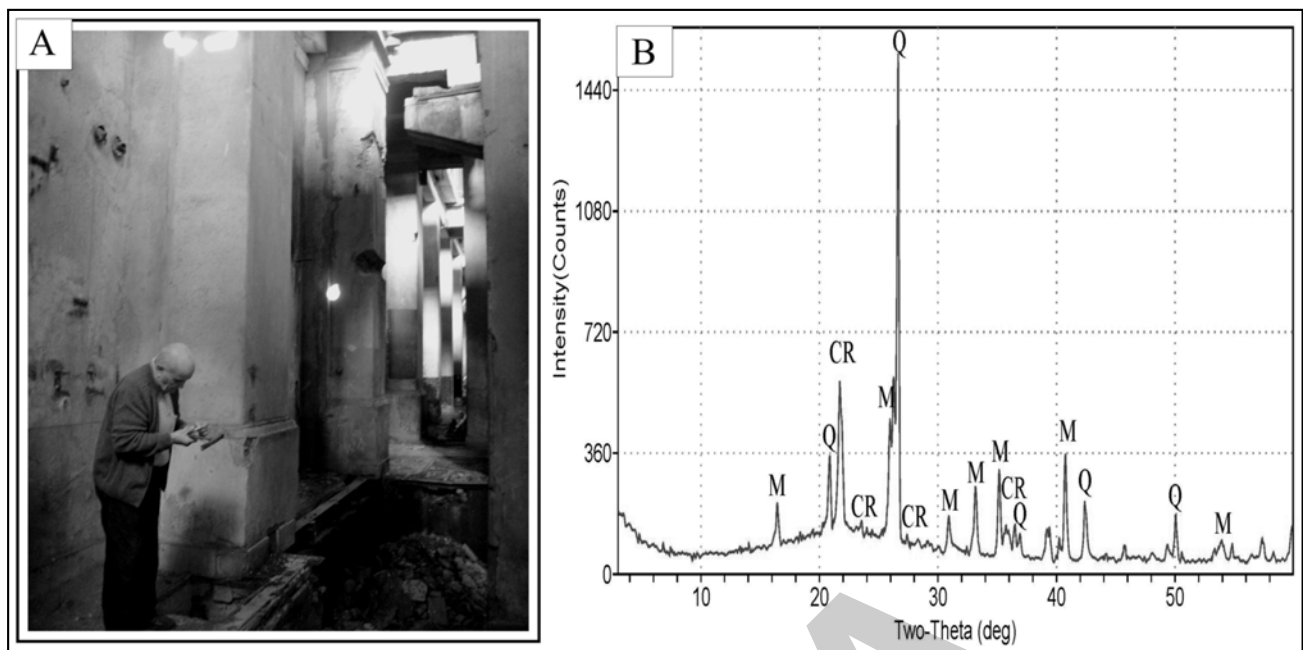


Figura 8. A. Muestreo en los pedestales de las columnas, primer piso del edificio. En el hueco del piso se localizaban los generadores. B. DRX del material (M: mullita, Q: cuarzo y Cr: cristobalita).

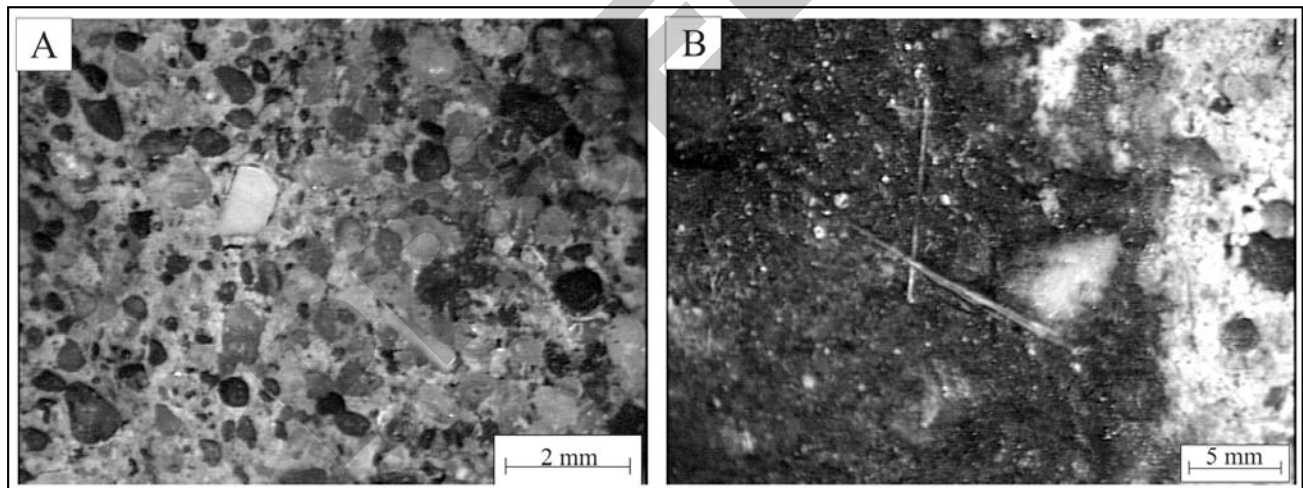


Figura 9. A. Capa gruesa en contacto con el hormigón de las columnas. B. Pintura asfáltica con material fibroso (con estereomicroscopio).

La pasta cementicia contiene oxidados de hierro. Presenta algunas fisuras. No se observaron minerales fibrosos (Figura 10A). En la pintura asfáltica se identificaron los clastos antes mencionados y dos tipos de fibras. Una con características de fibras textiles u orgánicas (es poco abundante), rizada, presenta leve birrefringencia y extinción ondulante no muy clara. El otro tipo de fibras tiene extinción recta, birrefringencia moderada son más cortas y terminan en punta. Se presentan asiladas, incluidas en el material adherente. Por sus características ópticas se determinaron como crisotilo (Figura 10B).

#### *Sella-junta de una tolva*

La muestra corresponde al marco de una abertura de inspección de un tanque. Se analizó un trozo de 4 x 9,5 cm y un

espesor de aproximadamente 10 mm (Figura 11A). Son de fieltro, están constituidas por un material fibroso incluido en la pintura asfáltica y arena usadas sellar la tapa. Está impregnada de aceite o combustible. Las fibras, al calcinarse se disgregan y se queman. Por difracción de rayos X, se identificó cuarzo, yeso y talco, (utilizado como inerte con el material fibroso amorfo) (Figura 11B). No se identificaron minerales asbestiformes.

En otros sectores de la estructura se reconoció un material sellajuntas con características similares al mencionado anteriormente. En su composición se identificó cáñamo, muy deteriorado, con sectores que aún conservan el asfalto. Al calcinarse queda como producto final arena y ceniza. No se reconocieron fibras asociadas que pudieran asimilarse a minerales asbestiformes.



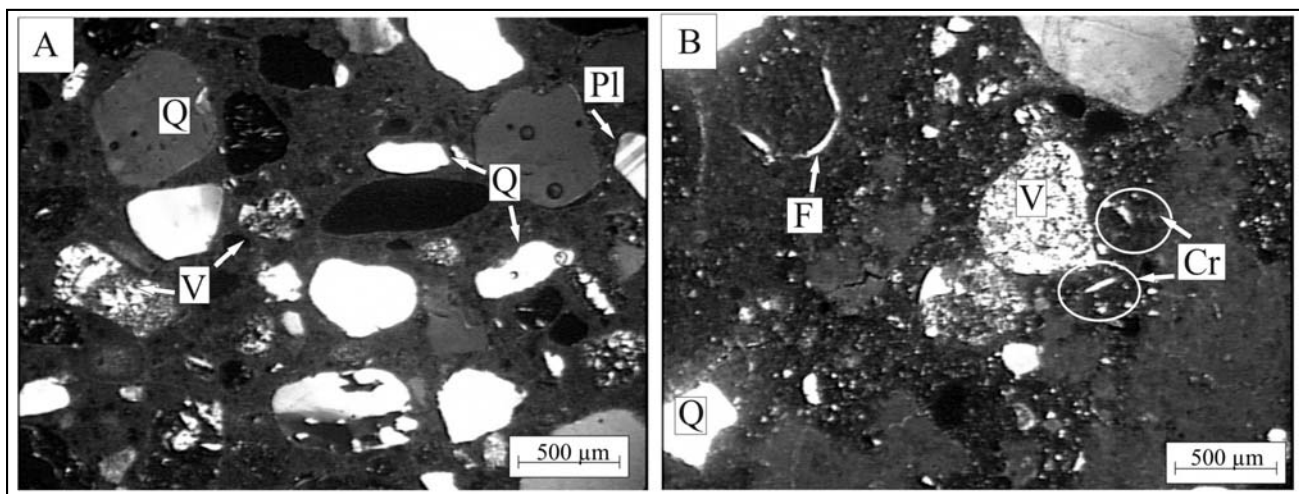


Figura 10. A. Hormigón de la columna. B. Recubrimiento, pintura asfáltica. Q: cuarzo, V: vulcanita, Pl: plagioclase, F: fibra textil y Cr: crisotilo.

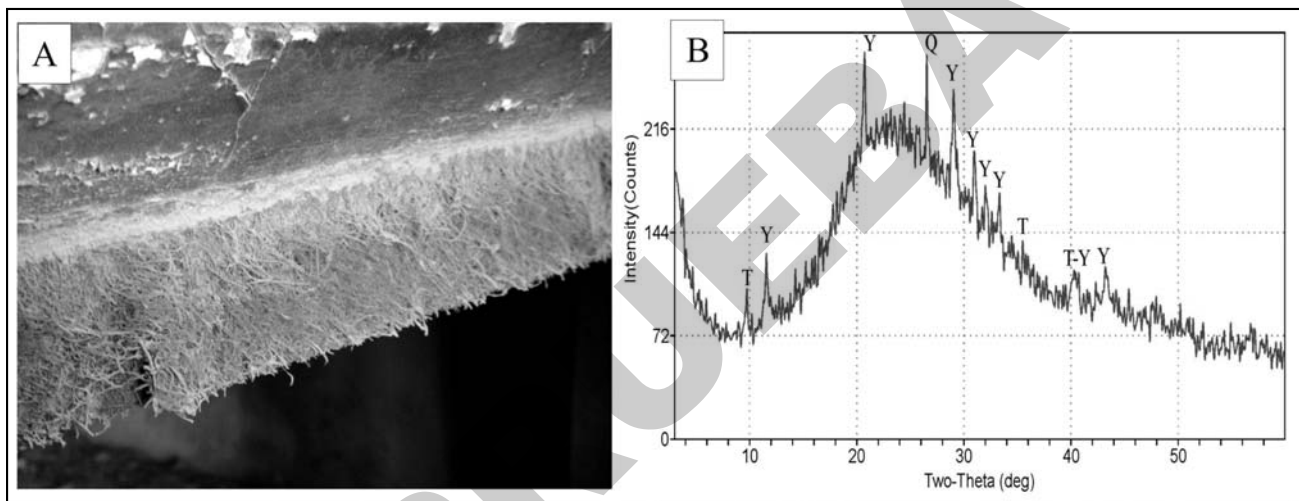


Figura 11. A. Detalle del marco, donde se observa el fieltro fibroso [sella-junta]. B. DRX del material fibroso de la sella-junta.

### *Hormigón de las columnas*

Se analizó el hormigón de las columnas a fin de identificar la posible presencia de minerales asbestiformes. El agregado grueso es un canto rodado natural constituido por aproximadamente un 75% de rocas volcánicas básicas y ácidas, parcialmente argilizadas y teñidas con óxidos de hierro, lixiviados por los procesos de alteración. El tamaño es variable, en algunos casos sobrepasan los 2 cm de diámetro (Figura 12A). Predominan las formas redondeadas y son escasas las planares. Su adherencia al mortero es buena y no se reconocieron partículas desprendidas. El mortero está constituido por arena natural y cemento, bien conformado, físicamente estable y sin fisuración ni eflorescencias.

En la composición de la arena predomina cuarzo, rocas volcánicas, tobas y areniscas. Son raras las rocas graníticas y se observaron esporádicamente trizas de vidrio y calcedonia. En algunos sectores se ha producido un asentamiento, ya que las formas son más o menos planares, están sub-orientadas paralelamente y tienen elevada porosidad en determinados planos. No se observaron minerales fibrosos en ninguno de los componentes del hormigón. Esto es importante al momento de

poner en valor la estructura o movilizar estos materiales ya que no presentan un riesgo ambiental.

### *Hormigones de relleno*

Para nivelar las losas del piso se utilizó un hormigón liviano de relleno. En la superficie de éstas, se colocó el material cerámico y las baldosas graníticas del piso. El agregado grueso es un canto rodado natural, constituido por rocas volcánicas, con tobas subordinadas y escasas rocas graníticas. La arena tiene composición litológica semejante. El mortero está bien cementado pero con alta porosidad. Algunos sectores tienen adherido el pegamento del material del piso. En los sitios libres de este pegamento ha precipitado calcita. No se observaron materiales fibrosos que pudieran considerarse asbestiformes.

### *Zócalos*

Los zócalos de las columnas están compuestos por baldosas, en muchos casos con evidencias de deterioro. Este material se encuentra constituido por dos capas: una externa (expuesta al ambiente) y una interna (en contacto con el pegamento) (Figura 12B)



La zona externa está compuesta por escallas de dolomía (color blanco) y cemento blanco coloreado con ocre amarillo. Tiene un espesor aproximado de 0,5 a 0,8 cm. Presenta carbonatación superficial y tinción pardo amarillento. Por difracción de rayos X se identificó calcita, dolomita (parte del granulado dolomítico) y hematita (contaminación por lixiviación del metal).

El sector interno constituye el cuerpo del mosaico. En éste el agregado está constituido por arena en cuya composición participan cuarzo, clastos líticos (principalmente vulcanitas), trizas de vidrio y valvas carbonáticas. No se identificaron partículas asbestiformes.

### ***Materiales aislantes de un cielorraso***

En un sobretecho, construido en una etapa más reciente, en el segundo piso, se reconocieron y relevaron dos materiales aislantes, con características fibrosas, que presentan composición y morfología diferente. Uno corresponde a una placa del cielorraso y el otro es un material adherido a la placa (Figura 13A). Este último se presenta como masas fibrosas entrelazadas, aisladas y dispersas debido a la degradación de los componentes. Tiene una coloración parda debido al envejecimiento y a la tinción con óxidos e hidróxidos de hierro. Al microscopio es isótropo. Por sus propiedades ópticas, y su facilidad para la molienda se determinó como fibra de vidrio. Presenta evidencias de desvitrificación, ya sea por envejecimiento o por su exposición a un medio agresivo, procesos que aumentan considerablemente su fragilidad. La fibra de vidrio, es uno de los materiales más usados en la actualidad y el reemplazante más difundido de los asbestos.

El otro material analizado posee características fibrosas, elásticas y presenta resistencia al momento de la molienda. Se ubica en placas de 1 a 1,5 cm de espesor, con ambas superficies selladas con pintura o materiales de revestimiento de coloración gris. Las fibras que componen la placa fueron separadas y analizadas con microscopio óptico determinándose su anisotropía y la extinción levemente oblicua (menor a 5°). Se disponen en haces de fibras extensas, con sus puntas desarmadas generando un desmenuzamiento en otras de menor tamaño (Figura 14A). Son muy abundantes, de muy baja densidad, volátiles y no superan los 60 µm de largo y 8 µm de ancho. Por difracción de rayos X, se determinó como grunerita, con

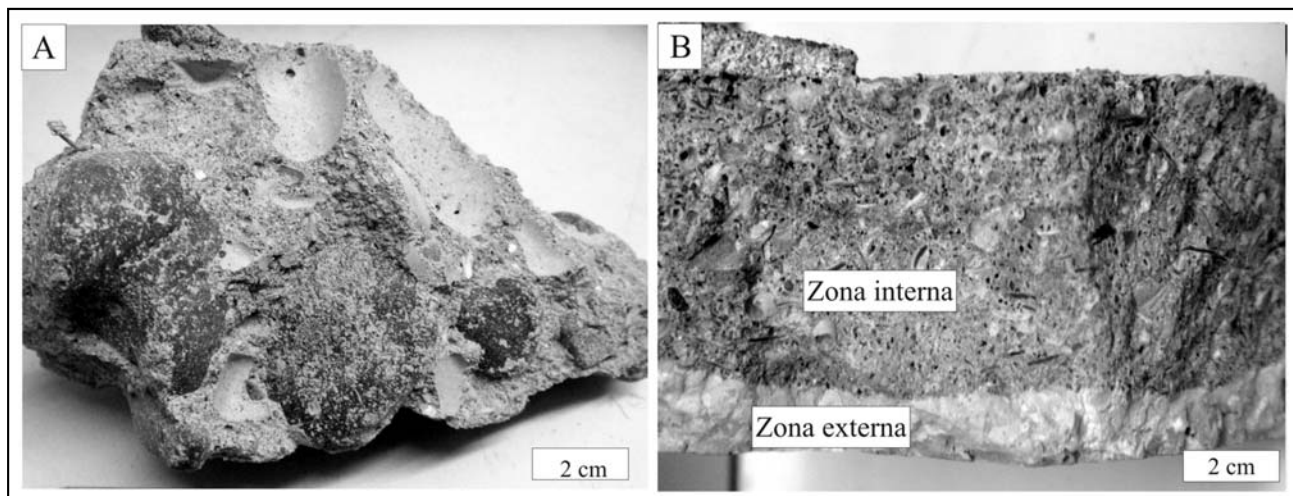
sus reflexiones mayores en 8,33, 2,77, 3,07 y 2,63 Å, comparables con la ficha ICDD 31-631 (ICDD, 1993) (Figura 14B). Este mineral pertenece a una serie isomorfa de anfíboles. Sus extremos se denominan cummingtonita ((Mg,Fe)7Si8O22(OH)2) y grunerita (Fe7Si8O22(OH)2). La amosita es el nombre comercial de la variedad mineralógica de asbesto grunerita correspondiente a las iniciales de Asbestos Mines of South África. Se presenta en forma de fibras rectas y no es muy adecuada para hilado debido a su dureza y fragilidad. Es resistente a los ácidos y al calor, y se utiliza como aislante. Después del crisotilo, la amosita fue el segundo asbesto más común usado en productos comerciales y su mayor productor fue África. Su uso ha disminuido en gran parte desde que fue demostrada su peligrosidad.

Por microscopía electrónica de barrido se pudo reconocer la morfología típica de los anfíboles asbestiformes. La Figura 15A muestra la morfología de los cristales anfibólicos. Son fibras finas, rectas y rígidas, sus extremos se encuentran fracturados y/o desmenuzados. Este hábito es extremadamente peligroso ya que, al inhalar las agujas de anfíboles, especialmente las más cortas y rígidas, alcanzan los espacios bronquioloalveolares con mayor facilidad que las fibras curvadas de crisotilo, y llegan a las vías respiratorias generando enfermedades pulmonares. En la superficie de las fibras se reconocieron impurezas del material que compone la placa aislante. El análisis de EDS, permitió identificar Si, Mg, O, y Fe, confirmando la composición de este anfíbol-asbesto (Figura 15B).

### ***Revestimiento aislante de un caño del exterior del edificio:***

La muestra se obtuvo del revestimiento (aislación) de un caño de aproximadamente 5" ubicado en el patio, en el sector oeste del predio, próximo a una pared medianera (Figura 16A). Se presenta como un fieltro, con una débil protección externa de yeso, muy deleznable y fácilmente liberado al ambiente exógeno con posibilidades de ser dispersado por el viento. En el recuadro se observa un detalle las fibras expuestas.

Este material fibroso presenta una coloración gris a levemente verdosa, es blando, flexible y resistente a la molienda. Los paquetes de fibras llegan a medir 4 cm de largo, están integrados por numerosas fibras contenidas en una masa del mismo material, pero totalmente desordenadas. Es un material



**Figura 12. A. Hormigón con clastos de canto rodado de composición volcánica, de tamaños destacables. B. Contacto entre las dos zonas del material de los zócalos.**

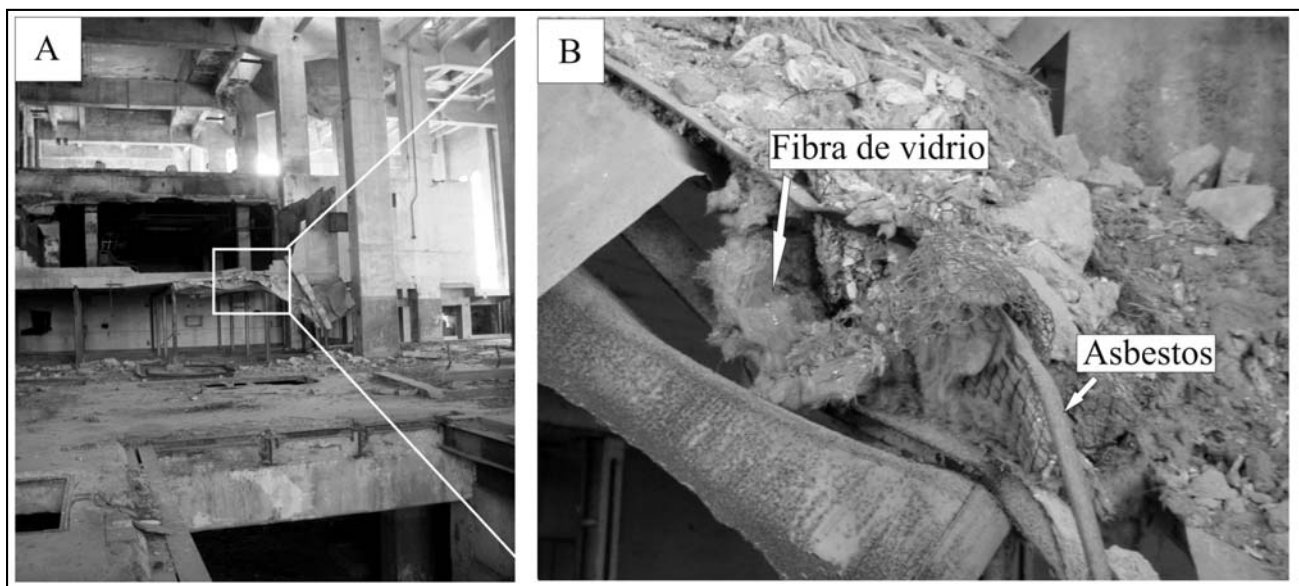


Figura 13. A. Cielorraso caído en la planta alta del edificio. B. Detalle del techo, donde se observa los materiales aislantes fibrosos.

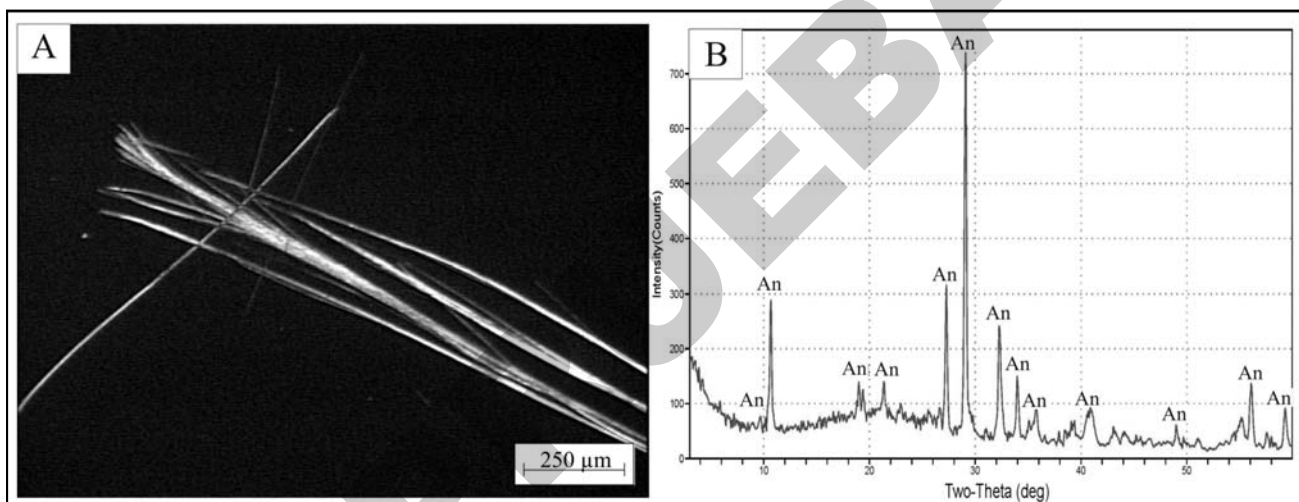


Figura 14. A. Fibras birrefringentes, extensas y flexibles. B. DRX del material fibroso del techo. An: anfíbol.

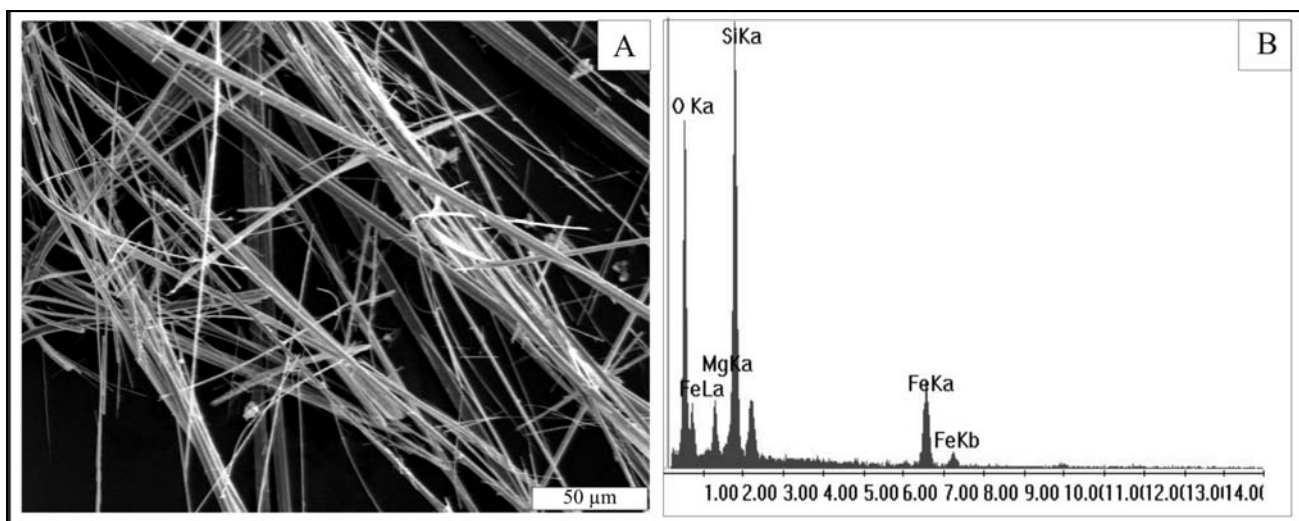


Figura 15. A. Fibras rectas y rígidas. B. EDS de las fibras de anfíboles.

extremadamente liviano y arrancado y llevado con facilidad por el viento. Teniendo en cuenta estas características, se considera muy nocivo a efectos ambientales, por ser fácilmente movilizado, dispersado e incorporado al material particulado en suspensión.

Bajo microscopio óptico es anisótropo, de bajo color de interferencia (gris a levemente amarillo de primer orden) y con extinción oblicua, entre 2 y 8°.

Por difracción de rayos X, se determinó como un mineral del grupo de los anfíboles. Por la estructura, corresponde a grunerita, con sus mayores intensidades en 8,33, 2,77, 3,07 y 2,63 Å, comparables con la ficha ICDD 31-631 (ICDD, 1993) (Figura 16B). Además se reconocieron reflexiones menos intensas de cuarzo.

Las fibras observadas con microscopio electrónico de barrido, presentan hábito acicular característico de los anfíboles-asbestos (Figura 17A). Las dimensiones son variables, aunque predominan las fibras largas. Los extremos poseen una terminación, en algunos casos, en punta astillosa. Las fibras menores son producto del desprendimiento de otras mayores, generando

hábitos asbestiformes y fibras quebradizas. En algunos casos se destaca su terminación tipo aguja. El análisis de EDS permitió identificar Si, Mg, O y en menor proporción Fe (Figura 17B).

### *Revestimiento de caños del interior del edificio*

En el interior del edificio existen algunos caños revestidos con materiales fibrosos. Se localizan en la planta baja de la usina y se conectan hacia la parte superior. Están cortados y aún conservan el material fibroso que los recubría (Figura 18A).

Por difracción de rayos X, se determinó que la composición es similar a la del recubrimiento del caño exterior. Se reconocen las reflexiones de anfíboles (amosita), de muy buena cristalinidad, con valores en 8.37 y 3.07 Å, cuarzo y talco. Este último se observa en el material adherido a las fibras. Bajo microscopio petrográfico las fibras presentan las mismas propiedades ópticas que la muestra anterior, y se reconocen impurezas de cuarzo, óxidos de hierro y talco. Además, puede observarse una malla de alambre galvanizado usado para contener el material aislante y una delgada capa de yeso que le otorga terminación.

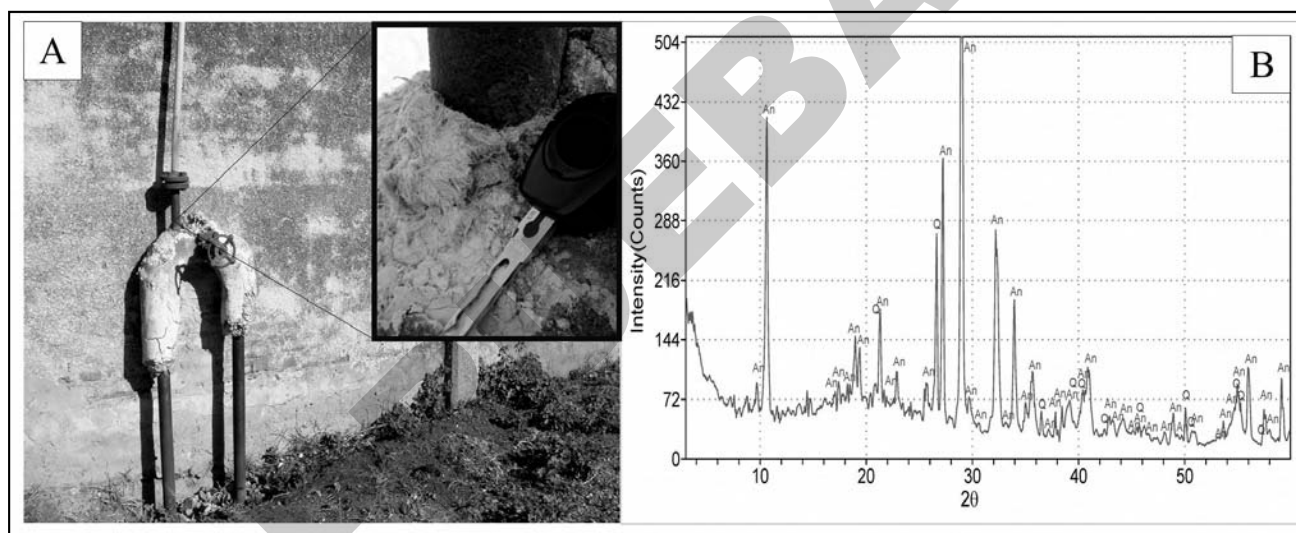


Figura 16. A. Caño exterior revestido con asbesto. Detalle del material fibroso. B. DRX del material aislante. An: anfíbol, Q: cuarzo.

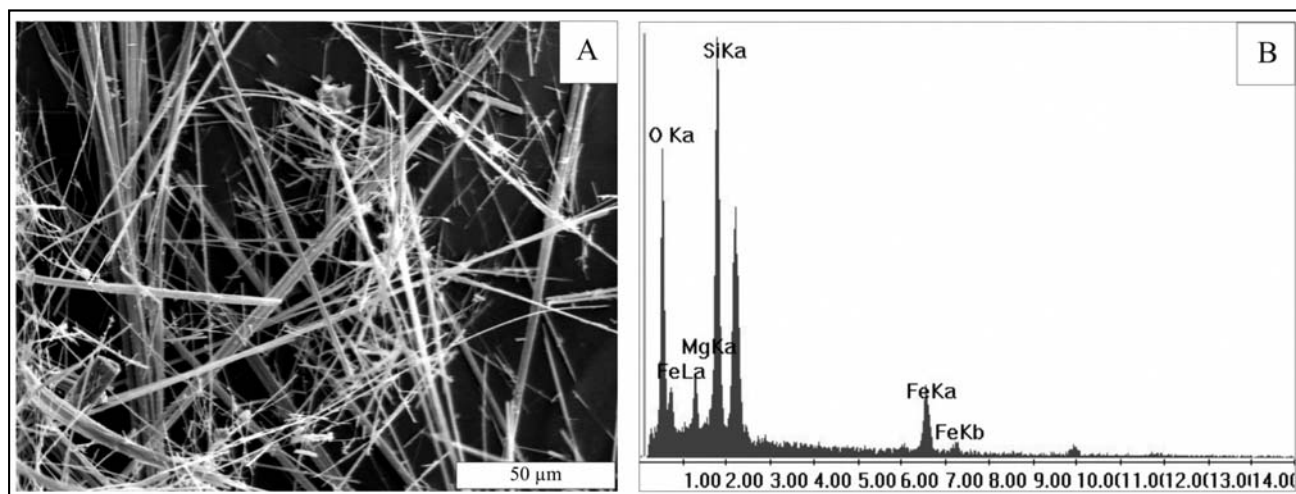


Figura 17. A. SEM de las fibras del recubrimiento externo. B. Espectro EDS.

Al SEM, los cristales presentan morfología asbestiforme, similar a la mencionada en la muestra anterior. En la Figura 19A, se observa las terminaciones de los paquetes de fibras y como de una misma se separan otras de menor espesor, la morfología es fibrosa y acicular. Entre éstas, hay impurezas de talco y material del producto cementante. Las fibras, son rígidas y extensas, las más largas son flexibles. El análisis de EDS permitió identificar Si, Mg, O, y Fe (Figura 19B).

### CONCLUSIONES

1. En la construcción del edificio de la ex usina de Ingeniero White se utilizaron materiales asbestiformes claramente identificables. Estos pueden ser evaluados con absoluta seguridad, determinar su calidad, cantidad y ubicar los sectores que los contienen.
2. Se identificaron asbestos como aislante de tuberías, en chapas de cerramientos de techos y en la pintura asfáltica del recubrimiento de columnas. Si bien el contenido de crisotilo en esta última es prácticamente despreciable, debe ser tenido en cuenta.
3. Los materiales analizados que contienen asbestos fueron debidamente ubicados dentro del edificio y determinada su composición por métodos analíticos que no dejaron dudas acerca de su identificación entre los que pueden mencionarse microscopía óptica y electrónica, difracción de rayos X y SEM-EDS.
4. Se determinaron dos diferentes tipos de asbesto: crisotilo (del grupo de la serpentina) y amosita (del grupo de los anfíboles). El primero fue identificado en las placas de fibrocemento. Los fragmentos se hallan esparcidos por todo el edificio de la usina y aun quedan relictos en su sitio original.
5. A partir de los estudios sobre secciones delgadas de las chapas de fibrocemento se puede concluir que existió un lavado del material que estuvo expuesto a las condiciones exógenas y a partir de esto las fibras quedaron sin adherencia y se dispersaron con facilidad.
6. Estos materiales, al ser movilizados para su disposición final, en una etapa de recuperación del edificio,

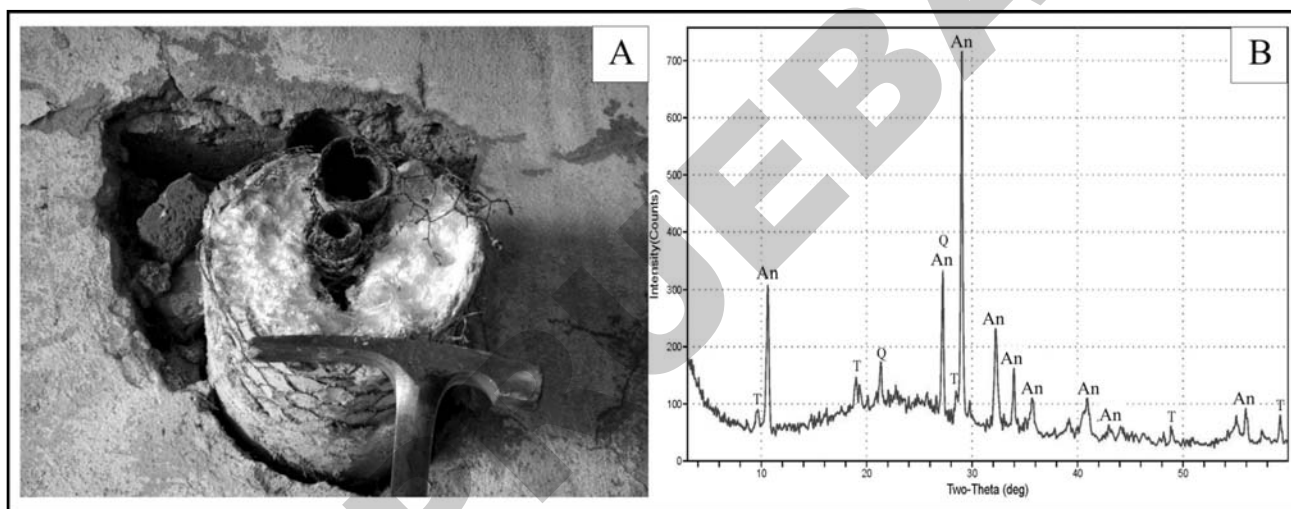


Figura 18. A. Caño truncado recubierto de material fibroso. B. DRX del material fibroso

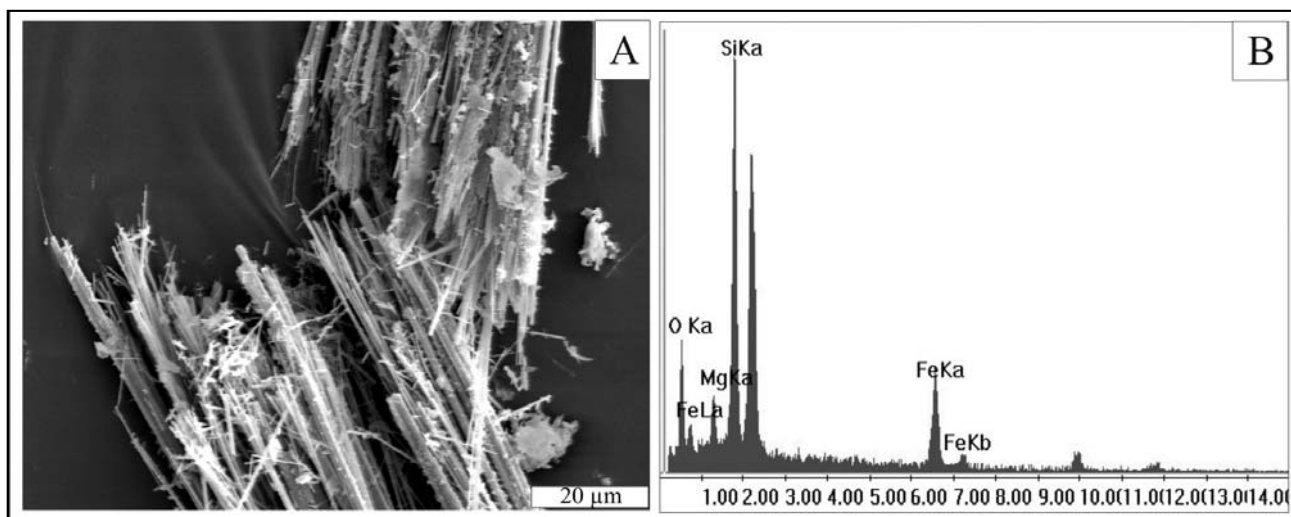


Figura 19. A. Morfología de las fibras de anfíboles (SEM). B. EDS de las fibras.

- podrían generar un problema ambiental de magnitud. Por otro lado, el material asbestiforme contenido, dentro de las placas, se encuentra prácticamente inmovilizado en la losa por los materiales cementíceos y no se liberarán al medio ambiente con facilidad.
7. Los materiales fibrosos que recubren los caños constituyen un problema muy serio ya que además de poseer en su composición cristales de anfíboles aglutinados y poco protegidos del ambiente, son altamente dañinos para la salud humana, ya que fácilmente se volatilizan, disminuyen constantemente de tamaño, están fragilizados por el tiempo transcurrido desde su utilización y son dispersados principalmente por el viento.
  8. Este edificio se encuentra ubicado en una zona poblada y de circulación constante de personas ya que está localizado en un sector fabril y portuario muy importante. Para la puesta en valor del edificio, deberá tenerse una idea acabada de la composición de los materiales y su distribución, cuáles son los materiales que contienen asbestos, determinar su disposición final y morigerar los efectos nocivos ambientales que provocarán.
  9. Para desarrollar un emprendimiento que concluya con la puesta en valor de una obra arquitectónica como esta, será necesario tomar todas las precauciones que eviten problemas ambientales por la movilización, transporte y disposición final de los materiales que contienen a los asbestos.
  10. Un estudio detallado de los materiales que se utilizaron en la construcción del edificio de la usina, permitirá definir un plan de remodelación, en el que se consideren todas las variables, poniendo especial cuidado en los problemas que pueden ocasionar los asbestos y llevarlo a su fin, para habilitar una obra arquitectónica única en esta ciudad, manteniendo el estilo original.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Dpto. de Geología de la UNS, a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Bs. As., al INGEOSUR-CONICET, a la Municipalidad de Bahía Blanca, al Museo Ferro White por el apoyo brindado.

#### TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- BATTISTA R., SPELTINI C., CHOREN H., SOTA J., CARRIZO E., 2006.  
Reciclado de residuos conteniendo asbestos. Transformación de fibras de asbestos por sinterizado en matriz cerámica. Reciclado de residuos de construcción y demolición (RCD) y de residuos de procesos (RP). *PROCQMA-U.T.N, San Rafael, Mendoza. ISBN 950-42-0056-7.*
- INTERNATIONAL CENTRE FOR DIFFRACTION DATA (ICDD) 1986.  
Mineral Powder Diffraction File.  
*Data book: 228-229, Swarthmore, Pennsylvania, U.S.A.*
- LUIS, G., HERNÁNDEZ C., RUBIO C., FRÍAS I., GUTIÉRREZ A., HARDISSON A., 2009.  
Toxicología del asbestos.  
*Cuadernos de Medicina Forense, 57- 207-213.*
- RODRÍGUEZ, E. J., 2004.  
Prohibición del asbestos en Argentina.  
*RETEL (Revista de Toxicología en línea) N° 6.*
- ZOLTAI, T., 1981.  
Amphibole asbestos mineralogy. Chap. 5  
*in Veblen, D., ed., Amphiboles and other hydrous pyriboles, Rev. in Mineralogy, Mineralogical Soc. of America, v. 9A, 237-278.*